

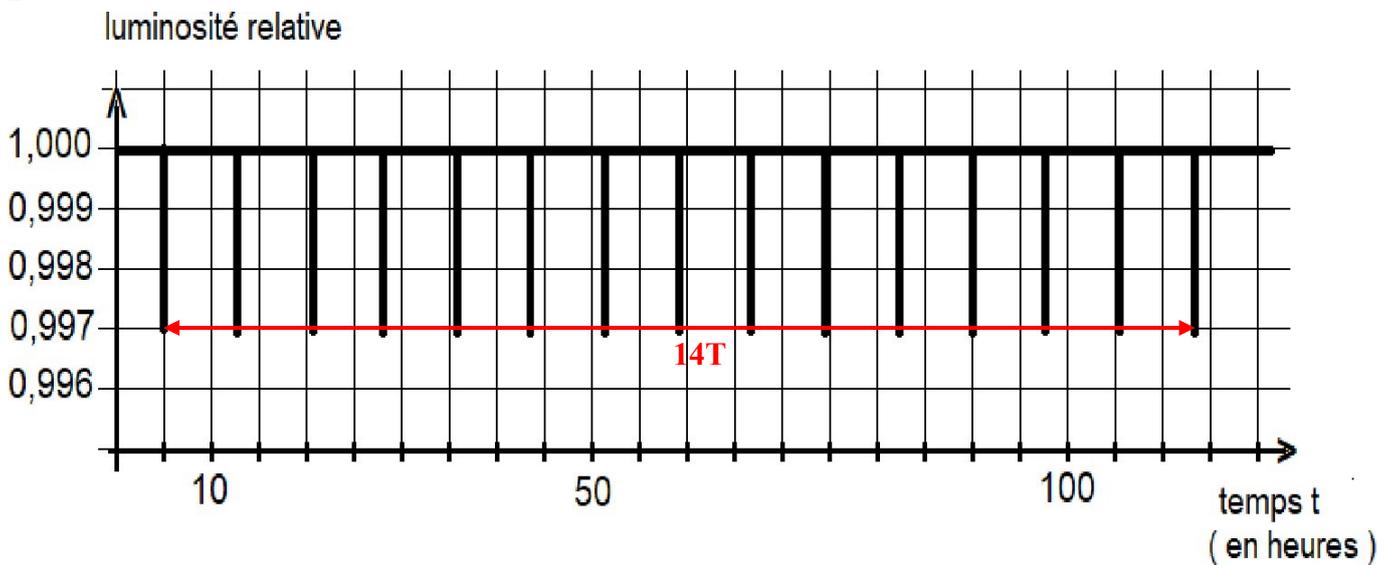
À la recherche d'une autre Terre
(Bac Spécialité Physique-Chimie - Afrique - mars 2023)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie
© <http://b.louchart.free.fr>

A. Détection par la méthode du transit

1. Le phénomène est qualifié de "périodique" car il se reproduit identiquement à lui-même, à intervalles de temps égaux.

2.

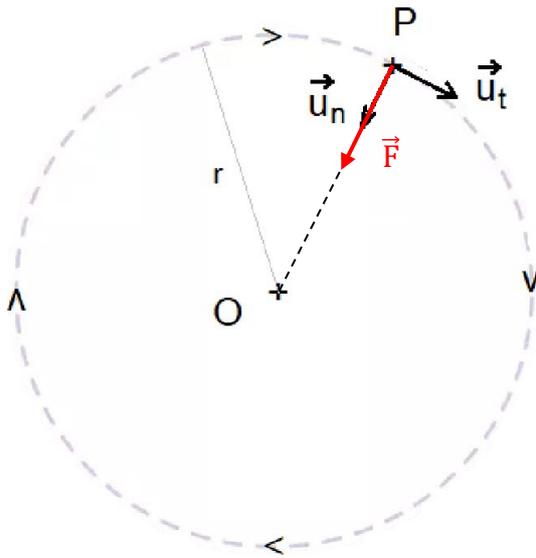


D'après le graphique, $14T = 108,5 \text{ h}$

$\Rightarrow T = 7,7 \text{ h}$

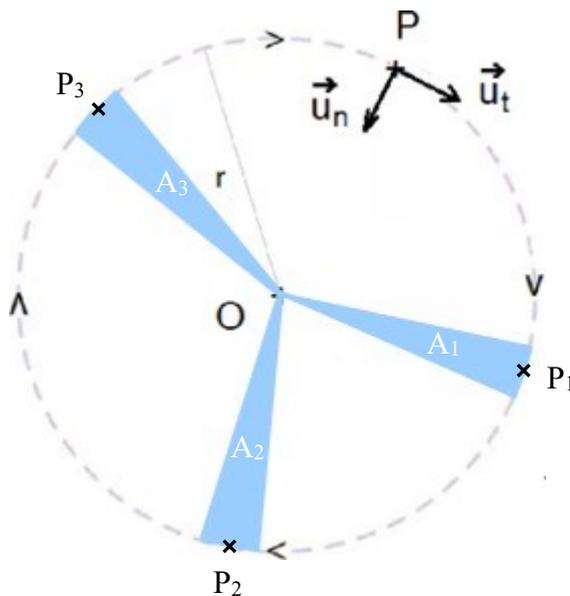
B. Mouvement de l'exoplanète GJ 367b

3.



4.
$$\vec{F}_{E/P} = \frac{GM_E m_P}{r^2} \vec{u}_n$$

5. La 2^{ème} loi de Kepler, adaptée au cas de l'exoplanète en mouvement autour de l'étoile E, indique que le segment de droite reliant l'étoile E à l'exoplanète P balaye des aires égales pendant des durées égales.
6. Considérons 3 secteurs balayés par le segment de droite EP pendant une même durée Δt autour de 3 points quelconques de la trajectoire :



D'après la 2^{ème} loi de Kepler, $A_1 = A_2 = A_3$

De plus, comme la trajectoire est circulaire, alors la longueur de l'arc de trajectoire parcouru pendant Δt est à chaque fois identique : $L_1 = L_2 = L_3$

La durée Δt étant la même, on en déduit que la vitesse de l'exoplanète est la même en P_1 , en P_2 et en P_3 .

Ces points ayant été choisis de façon quelconque, on trouve finalement que la vitesse de l'exoplanète est la même en tout point de la trajectoire, et donc que le mouvement de P est uniforme.

7.

- système : {exoplanète GJ 367}
référentiel : associé à l'étoile E, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :

force gravitationnelle exercée par l'étoile sur l'exoplanète : $\vec{F}_{E/P} = \frac{GM_E m_P}{r^2} \vec{u}_n$

On néglige les forces gravitationnelles dues aux autres astres.

- D'après la 2^{ème} loi de Newton, $\Sigma \vec{F}_{ext} = m_P \vec{a}_P$
car le référentiel d'étude est considéré galiléen et la masse du système est constante.

$$\Rightarrow \vec{F}_{E/P} = m_P \vec{a}_P \Rightarrow m_P \vec{a}_P = \frac{GM_E m_P}{r^2} \vec{u}_n$$

$$\Rightarrow \vec{a}_P = \frac{GM_E}{r^2} \vec{u}_n$$

- Dans le cas d'un point P ayant un mouvement circulaire de rayon r, $\vec{a}_P = \frac{dv_P}{dt} \vec{u}_t + \frac{v_P^2}{r} \vec{u}_n$

Or d'après la question précédente, $\vec{a}_P = \frac{GM_E}{r^2} \vec{u}_n \Rightarrow \vec{a}_P = 0 \vec{u}_t + \frac{GM_E}{r^2} \vec{u}_n$

Par identification, on obtient :

$$\begin{cases} \frac{dv_P}{dt} = 0 & (1) \\ \frac{v_P^2}{r} = \frac{GM_E}{r^2} & (2) \end{cases}$$

D'après l'équation (2), $v_P^2 = \frac{GM_E}{r}$, d'où : $v_P = \sqrt{\frac{GM_E}{r}}$

- 8. La période de révolution T de l'exoplanète est la durée qu'il faut pour qu'elle effectue 1 tour sur sa trajectoire autour de l'étoile E.

P parcourt, à vitesse constante, la distance $\ell = 2\pi r$ pendant une durée $\Delta t = T$

$$\Rightarrow v_P = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v_p} = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{GM_E}{r}}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_E}}$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_E}$$

$$9. T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_E} \Rightarrow r^3 = \frac{GM_E T^2}{4\pi^2}$$

$$\Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{GM_E T^2}{4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 9,5 \times 10^{29} \times (7,7 \times 60 \times 60)^2}{4\pi^2}} = 1,1 \times 10^9 \text{ m} = 1,1 \times 10^6 \text{ km}$$

C. GJ 367b : une exoplanète de fer ?

$$10. \rho = \frac{m_p}{V_p} = \frac{0,55 \times M_T}{0,37 \times V_T}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{0,55 \times M_T}{0,37 \times \left(\frac{4}{3} \pi R_T^3\right)} = \frac{0,55 \times 5,97 \times 10^{24}}{0,37 \times \left(\frac{4}{3} \pi \times (6,37 \times 10^6)^3\right)} = 8,2 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

Calculons l'écart relatif avec la masse volumique du fer :

$$e_R = \left| \frac{\rho - \rho_{\text{fer}}}{\rho_{\text{fer}}} \right| = \left| \frac{8,2 \times 10^3 - 7,9 \times 10^3}{8,2 \times 10^3} \right| = 0,036 = 3,6 \%$$

La masse volumique de l'exoplanète est donc proche de la masse volumique du fer. Ainsi, si l'exoplanète est homogène, il est envisageable qu'elle soit constituée de fer.